

ANTENA MIKROSTRIP SLOT *BIQUAD* SINGLE ARRAY DENGAN PANDU GELOMBANG *COPLANAR* UNTUK KOMUNIKASI WIRELESS PADA FREKUENSI 2,4 GHZ

A.RezkyAstikaP ,Bualkar Abdullah, Bidayatul Armynah

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Hasanuddin

MICROSTRIP ANTENNA SLOT BIQUAD SINGLE ARRAY WITH COPLANAR WAVEGUIDE FREQUENCY OF 2,4 GHz FOR WIRELESS COMMUNICATION

A.RezkyAstikaP ,Bualkar Abdullah, Bidayatul Armynah

Physics Department, Faculty of Mathematics and Natural Science,
Hasanuddin University

ABSTRAK. Telah dilakukan perancangan, fabrikasi dan karakterisasi antenna mikrostrip *slot biquad single array*. Substrat yang digunakan untuk fabrikasi antenna adalah FR4 dengan permitivitas relatif 4,3. Antena yang difabrikasi berukuran 125 mm x 85 mm. Parameter-parameter fisis yang dikarakterisasi meliputi *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*, *Return Loss (RL)*, *Bandwidth*, dan Impedansi menggunakan *Vector Network Analyzer*. Hasil karakterisasi dengan *Vector Network Analyzer* pada frekuensi kerja 2,4 GHz diperoleh VSWR 1,05, *Return Loss* -32,34 dB. Lebar pita frekuensi (*bandwidth*) sebesar 20 MHz pada RL -24,94 dB. Nilai VSWR yang mendekati 1 pada frekuensi kerja tersebut menunjukkan bahwa daya masukan ditransmisikan hampir keseluruhan keudara dan hanya sebagian kecil yang direfleksikan. Return loss yang dihasilkan antenna < -15 dB berada dalam rentang nilai yang dapat diterima untuk komunikasi *wifi* dua arah.

Kata kunci: *single array, slot biquad, mikrostrip, frekuensikerja*

ABSTRACT. The design, fabrication, and characterization of the microstrip antenna for the *slotbiquadsingle array* has been conducted. The substrate used for the antenna fabrication was FR4 with the relative permivity of 4.3. the antenna which was fabrication was 125 mm x 85 mm. the parameterphysical-parameter characterized included the *Voltage Standing Wave Rasio (VSWR)*, *Return Loss (RL)*, *Bandwidth*, and *Impedancy* by using the *Vector Network Analyzer*. The characterization results using the *Vector Network Analyzer* at the work frequency of 2.4 GHz were VSWR 1.05, *Return Loss* -32.34 dB. The *bandwidth* was 20 MHz at RL of -24.94 dB. The VSWR value which was closed to 1 at the work frequency showed that almost all the input power was transmitted into the air and only a small portion was reflected. The Return Loss produced by the antenna < -15 dB was in the range value received as the two-way *wifi* communication.

Keywords: *single array, biquad slot, microstrip, working frequency*

Pendahuluan

Perkembangan zaman semakin meningkat ini membutuhkan teknologi yang semakin pesat khususnya di bidang telekomunikasi. Sistem komunikasi yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik adalah komunikasi nirkabel (*wireless*). Sistem komunikasi *wireless* tidak terlepas dari perangkat yang mampu mengubah energi atau signal dalam medium

pemandu keruang bebas. Salah satu perangkat yang memenuhi fungsi tersebut adalah antenna. Teknologi komunikasi antenna yang baik tergantung dari pilihan yang tepat, mudah dirancang dan difabrikasi dengan cara kerja yang optimum dan mudah pemasangannya. Antena mikrostrip dapat memenuhi kriteria itu. Saat ini banyak

dikembangkan rangkaian analisis desain antenna mikrostrip untuk menghasilkan respon frekuensi sesuai dengan kebutuhan. Untuk menunjang kebutuhan tersebut diperlukan antenna yang mempunyai karakteristik *wideband*. Bila mengacu dari definisi *International Telecommunication Union (ITU)* bahwa penggunaan frekuensi radio dengan bandwidth lebih besar atau sama dengan 1 MHz merupakan kategori *wideband*. Lebar bandwidth tersebut khususnya untuk aplikasi system gelombang mikro. Dalam rekomendasinya *International Telecommunication Union (ITU)* telah menjabarkan kebutuhan *bandwidth* untuk kasus *wideband* kedalam beberapa alokasi frekuensi yaitu *bandwidth* 10 MHz untuk jarak frekuensi dari 30 MHz sampai 10 GHz, 50 MHz untuk 1 GHz sampai 3 GHz, 100 Mhz untuk 3 GHz sampai 10 GHz, 250 MHz untuk 10 GHz sampai 15 GHz, dan 500 MHz untuk jarak frekuensi diatas 15 GHz. Terdapat beberapa alokasi system komunikasi gelombang mikro yang memerlukan *bandwidth* yang sangat lebar seperti *fixed-satellite service (FSS)* yang menempati beberapa alokasi frekuensi (3.4 – 4.2 GHz, 5.725 – 6.726 GHz, 7.25 – 7.75 GHz, 7.9 – 8.84 GHz, 10.7 – 12.75 GHz, 12.75 – 13,25 GHz, dan 13.75 – 14.8 GHz)[1].

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Antena

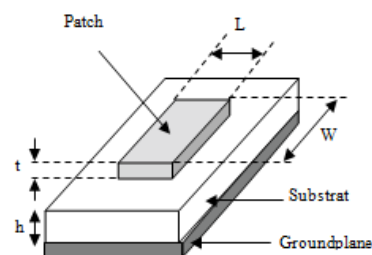
Antena adalah suatu alat yang mengubah gelombang terbimbing dari saluran transmisi menjadi gelombang bebas diudara, dan sebaliknya. Pada system komunikasi radio diperlukan adanya antenna sebagai pelepas energy elektromagnetik keudara atau ruang bebas, atau sebaliknya sebagai penerima energy itu dari ruang bebas. Dapat juga dikatakan antenna merupakan struktur

transisi antara ruang bebas dengan alat pembimbing. Hal ini dapat dilihat pada Gambar II.1. Alat pembimbing atau saluran transmisi dapat berupa saluran coaxial ataupun pipa dan digunakan sebagai alat transportasi energy elektromagnetik dari sumber transmisi keantena atau dari antenna ke penerima[2].

Dalam fungsinya sebagai pemancar dan penerima energi, sebuah antenna pada sistem *wireless* harus dapat melakukan optimasi energi radiasi pada beberapa arah. Antena juga harus dapat berperan sebagai alat direksional. Antena dapat berbentuk kabel yang berkonduksi, sebuah *aperture*, berupa *slot*, gabungan dari beberapa elemen (*array*), sebuah reflector dan lensa[2].

Antena Mikrostrip

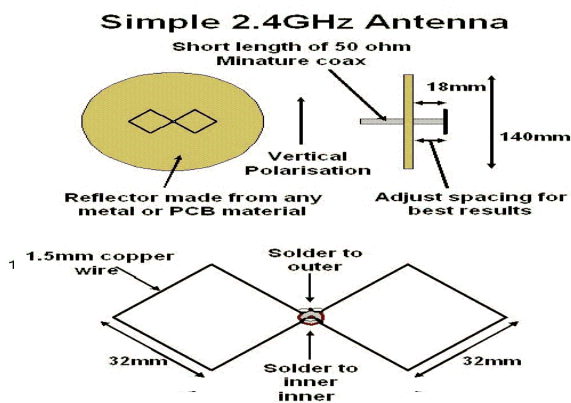
Antena mikrostrip dapat didefinisikan sebagai salah satu jenis antenna yang mempunyai bentuk potongan yang mempunyai ukuran sangat tipis/kecil. Antena mikrostrip merupakan sebuah antenna yang tersusun atas 3 elemen yaitu : elemen peradiasi (radiator), elemen substar (*substrate*), dan elemen pentanahan (*ground*), seperti pada gambar berikut :



Gambar 1. Struktur dasar antenna mikrostrip

ANTENA MIKROSTRIP BIQUAD

Antena *quad* adalah antenna yang berbentuk segi empat dengan panjang sisi-sisinya sama. Panjang sisi dari antenna *quad* adalah $\frac{1}{4}\lambda$ (λ adalah panjang gelombang) dari frekuensi antenna yang diinginkan. Panjang sisi $\frac{1}{4}\lambda$ dimaksudkan agar kondisi matching terpenuhi. Antena *Biquad* merupakan salah satu jenis antenna berbentuk gabungan kubus (dua *quad*).



Gambar 2. Disain Antena biquad

Dalam merancang sebuah antenna mikrostrip, ukuran panjang strip sangat ditentukan oleh besarnya panjang gelombang dalam mikrostrip dan permitivitas efektif dari bahan yang dipakai. Besarnya panjang gelombang mikrostrip (λ_g) berbeda dengan panjang gelombang pembawa dalam ruang hampa (λ_o). Jika cepat rambat gelombang dalam ruang hampa adalah c , maka:

$$\begin{aligned} c &= f\lambda_o \\ f &= \frac{c}{\lambda_o} \end{aligned} \quad (2.1)$$

Dimana :

λ = Panjang gelombang (m)

c = Kecepatan gelombang cahaya (3×10^8 m/s)

f = Frekuensi kerja antenna (Hz)

sedangkan cepat rambat gelombang dalam mikrostrip,

$$v_p = f\lambda_g \quad (2.2)$$

Permitivitas efektif mikrostrip merupakan perbandingan kuadrat dari panjang gelombang dalam ruang hampa dan panjang gelombang pada mikrostrip [3]

$$\lambda_g = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2.3)$$

Dimana :

ϵ_{eff} = permitivitas efektif

λ_o = panjang gelombang elektromagnetik dalam ruang hampa

λ_g = panjang gelombang elektromagnetik dalam mikrostrip

f = frekuensi

Dimensi Antena *biquad* merupakan perpaduan 2 antenna *quad* yang dirancang dalam 1 elemen. Panjang elemen driven antenna biquad adalah 1λ yang mana nilai panjang gelombangnya (λ) yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ (m)} \quad (2.4)$$

Garis Transmisi (Transmission Line)

Garis transmisi adalah suatu alat untuk menyalurkan atau mengirimkan energi elektromagnetik dari satu titik ke titik lain. Energi elektromagnetik pada saat disalurkan akan berkurang karena berubah bentuk menjadi panas atau radiasi. Antena merupakan suatu sistem konduktor yang dapat mentransfer energi listrik dari satu titik ke titik lain [4].



Gambar 3. Saluran Transmisi dengan Impedansi

Karakteristik Z_0 yang Berujung dengan Beban Impedansi Z_L

Pada Gambar 3, gelombang yang bergerak ke kanan disebut gelombang datang dan gelombang yang bergerak ke kiri disebut gelombang pantul. Secara konvensional titik asal $z = 0$ ditempatkan pada beban. Tegangan total terjadi bila gelombang datang dan gelombang pantul bergabung dalam satu fase. Tegangan pada saluran transmisi dapat dituliskan :

$$V(z) = V_i (e^{-jkz} + \Gamma e^{jkz}) \quad (2.5)$$

Koefisien pantul didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan pada gelombang pantul dan tegangan pada gelombang datang.

$$\Gamma = \frac{|V_r|}{|V_i|} \quad (2.6)$$

Arus pada saluran transmisi adalah:

$$I(z) = \frac{1}{Z_0} V_i (e^{-jkz} + \Gamma e^{jkz}) \quad (2.7)$$

Impedansi $Z(z)$ pada beberapa titik z pada saluran transmisi didefinisikan sebagai:

$$Z(z) = \frac{V_z}{I_z} = Z_0 \frac{e^{-jkz} + \Gamma e^{jkz}}{e^{-jkz} - \Gamma e^{jkz}} \quad (2.8)$$

Pada $z = 0$, impedansi $Z(0)$ sama dengan impedansi beban Z_L , sehingga:

$$Z_L = Z_0 \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \quad (2.9)$$

Dari Persamaan (2.9) diperoleh hubungan koefisien pantul dan impedansi beban yaitu:

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.10)$$

Saat terjadi kondisi *matching* yaitu $Z_L = Z_0$, diperoleh $\Gamma = 0$ dan $V_r = 0$, artinya tidak ada gelombang yang dipantulkan atau semua gelombang yang datang diteruskan. Impedansinya dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$Z(z) = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan kl}{Z_0 + jZ_L \tan kl} \quad (2.11)$$

Dimana :

Z_0 = impedansi karakteristik

Z_L = impedansi beban

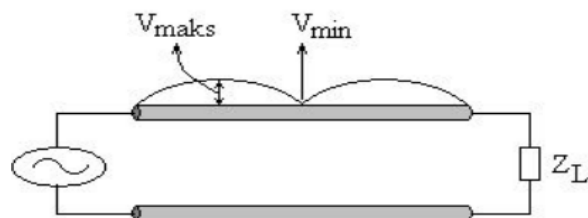
k = konstanta propagasi ($=2\pi/\lambda$)

l = panjang saluran transmisi ($1/4 \lambda, 3/4 \lambda, 5/4 \lambda, \dots$)

j = bilangan kompleks ($=\sqrt{-1}$)

Voltage Standing Wave Ratio

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*Standing Wave*) maksimum (V_{\max}) [3]. *Standing wave* atau gelombang berdiri terjadi jika terdapat dua gelombang yang merambat pada arah berlawanan dalam media yang sama. Dua gelombang tersebut adalah gelombang datang dan gelombang pantul yang memiliki frekuensi sama. Tegangan maksimum V_{\max} dan tegangan minimum V_{\min} yang terbentuk pada gelombang berdiri ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tegangan Maksimum dan Tegangan Minimum pada Gelombang Berdiri

Pada saluran transmisi ada dua komponen tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang diefeksikan (V_0^-). Perbandingan antara tegangan yang diefeksikan dengan tegangan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ) [3] :

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.12)$$

Standing wave dinyatakan dalam besaran *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) dengan persamaan:

$$VSWR = \frac{V_{maks}}{V_{min}} (2.13)$$

Nilai VSWR antara 1 sampai tak berhingga. Jika nilai VSWR sama dengan 1 berarti tidak ada pantulan di dalam mikrostrip, dan jika nilai VSWR sama dengan tak berhingga berarti semua gelombang datang dipantulkan. VSWR yang dinyatakan dalam *decibel* (dB) dinamakan dengan *Standing Wave Ratio* (SWR). Hubungan SWR dan VSWR adalah:

$$SWR(dB) = 20 \log VSWR (2.14)$$

Return Loss

Return Loss merupakan besaran yang menunjukkan nilai kerugian dari power input terhadap *power refleksi* (pantul) dari suatu antenna akibat terjadinya mismatch (ketidaksesuaian) impedansi. *Return Loss* diperoleh dari hasil pengukuran pada *Network Analyzer*. Nilai *Return Loss* dinyatakan dalam satuan *decibel* (dB), dengan nilai berkisar antara $-\infty$ sampai 0 (dB). *Return Loss* (RL) dinyatakan dalam persamaan:

$$RL = 10 \log \frac{P_r}{P_i} (2.15)$$

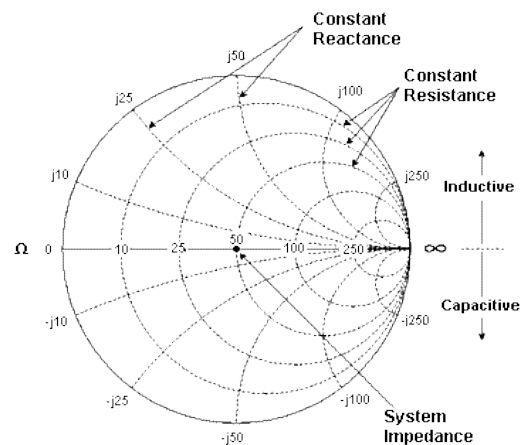
Dengan $P_i = \frac{V_i^2}{R}$ dan $P_r = \frac{V_r^2}{R}$ sehingga :

$$RL = 20 \log \Gamma (2.16)$$

Smith Chart

Smith Chart adalah alat yang fantastis untuk memvisualisasikan impedansi dari saluran transmisi dan sistem antenna sebagai fungsi dari frekuensi. *Smith Chart* dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman tentang jalur transmisi dan bagaimana mereka berperilaku dari sudut pandang impedansi. *Smith Chart* juga sangat membantu untuk pencocokan impedansi, seperti yang akan kita lihat. *Smith Chart* digunakan untuk menampilkan (fisik) impedansi antenna

sebenarnya ketika diukur pada Vector Network Analyzer (VNA).



Gambar 5. Smith Chart

Pada Gambar 5..menunjukkan impedansinya adalah tak berhingga sedangkan short ada dalam kondisi terhubung singkat yang berarti impedansi adalah 0. Kondisi *matched* adalah kondisi dimana impedansi yang dihasilkan sesuai dengan impedansi dari konektor yang digunakan. Induktansi berada pada bagian atas garis horizontal pada *Smith Chart* sedangkan konduktansi berada pada bagian bawah garis horizontal tersebut [6].

Smith Chart menampilkan koefisien refleksi kompleks, dalam bentuk polar, untuk impedansi (Z_L impedansi atau impedansi beban). Koefisien refleksi sepenuhnya ditentukan oleh Z_L impedansi dan "referensi" impedansi Z_0 . Perhatikan bahwa Z_0 dapat dilihat sebagai impedansi dari pemancar, atau apa yang sedang mencoba untuk memberikan daya ke antenna. Oleh karena itu, *Smith Chart* adalah metode grafis menampilkan impedansi dari antenna, yang dapat menjadi titik tunggal atau berbagai poin untuk menampilkan impedansi sebagai fungsi dari frekuensi. Untuk primer pada matematika yang kompleks, klik di sini. Ingat bahwa koefisien refleksi kompleks (Γ)

Untuk Z_L impedansi melekat pada saluran transmisi dengan impedansi karakteristik Z_0 diberikan oleh:

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.17)$$

Bandwidth

Bandwidth suatu antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi di mana kinerja antenna yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, pola, bandwidth, polarisasi, gain, efisiensi, VSWR, Return loss, Axial ratio) memenuhi spesifikasi standar[1],

Penggunaan antenna di dalam sistem komunikasi yaitu sebagai pemancaran penerima gelombang elektromagnetik selalu dibatasi oleh daerah frekuensikernjanya. Daerah rentang frekuensi dimana antenna dapat bekerja secara efektif disebut *bandwidth* antenna. *Bandwidth* pada sistem antenna didefinisikan sebagai jarak antara frekuensi rendah (f_1) dan frekuensi tinggi (f_2) terhadap nilai VSWR ≤ 2 [5]. Besarnya bandwidth (Bw) diformulasikan sebagai :

$$BW = f_2 - f_1 \quad (2.18)$$

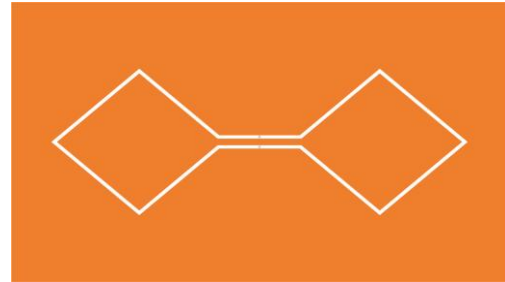
Besarnya f_1 dan f_2 mengacu pada nilai *Return loss* -15 dB yang diperoleh dari grafik hubungan antara frekuensi dan *Return loss*. Atau *Bandwidth* juga dapat dicari dengan menggunakan rumus ini untuk perbandingan antara frekuensi atas dan frekuensi bawah dalam level yang dapat diterima :

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_0} \times 100\% \quad (2.19)$$

Desain Antena Mikrostrip Biquad Single Array

Antena mikrostrip *biquad single array* merupakan antenna yang terdiri atas gabungan

quad yang mempunyai panjang sisi yang sama, seperti yang terlihat pada Gambar 4



Gambar 6 Antena Mikrostrip Slot
Biquad Single Array

Pada Gambar 6, panjang sisi-sisi *biquad* dibuat $\frac{1}{4} \lambda$ dari frekuensi kerja yang diinginkan, hal ini dimaksudkan agar kondisi *matching* terpenuhi. Dalam saluran transmisi, *matching* mempunyai pengertian memberikan beban yang sama dengan impedansi karakteristik saluran ($Z_0 = Z_L$) Berdasarkan Persamaan (2.11), impedansi masukan (Z):

$$Z(z = -l) = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan kl}{Z_0 + jZ_L \tan kl},$$

dengan $l = \frac{1}{4} \lambda$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Z &= Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \frac{2\pi 1}{4} \lambda}{Z_0 + jZ_L \tan \frac{2\pi 1}{4} \lambda} \\ &= Z_0 \frac{\frac{Z_L}{\tan \pi/2} + jZ_0}{\frac{Z_0}{\tan \pi/2} + jZ_L} \end{aligned}$$

Mengingat $\tan \pi/2 = \infty$, diperoleh :

$$\begin{aligned} Z &= Z_0 \frac{jZ_0}{jZ_L} \\ Z_0^2 &= Z Z_L \end{aligned}$$

Karena impedansi karakteristik *transmission line* (Z_0) adalah konstan maka diperoleh:

$$Z = Z_0 = Z_L \quad (2.20)$$

METODOLOGI PENELITIAN

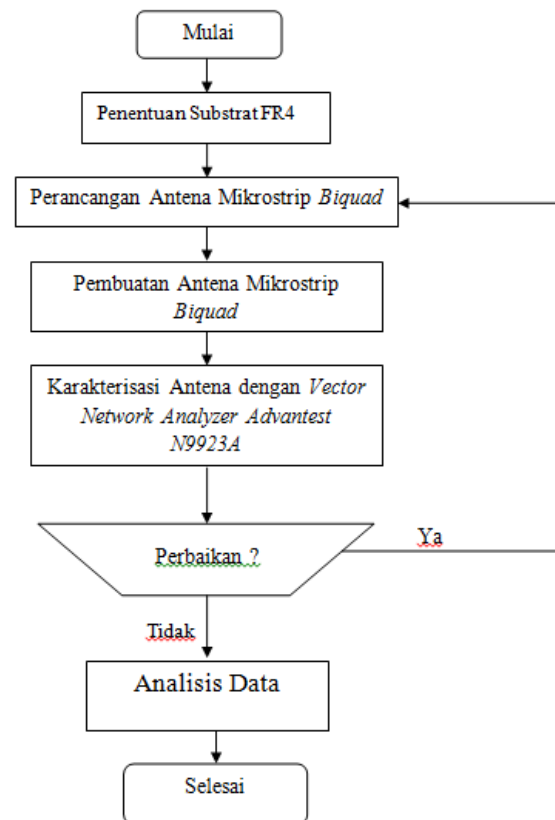
Bahan penelitian yang digunakan antara lain: Papan rangkaian substrat FR4 Epoxy dengan substrat 4.3, FeClO₃ (Ferrite Chloride), Timah solder, dan Konektor 50 ohm.

Sedangkan peralatan yang digunakan adalah Solder listrik, Gergaji Besi, Mesin Bor, *software* Corel Draw X4, Kertas Stiker, *Vector Network Analyzer Advantest N9923A* range frekuensi 2 MHz sampai dengan 4 GHz dan Microsoft Excel 2010.

Prosedur Penelitian

Sebelum antenna difabrikasi terlebih dahulu menentukan *PCB* dengan *substrate* FR4 yang memiliki nilai konstanta dielektrik yaitu 4,3. Untuk fabrikasi, pertama-tama menentukan atau menghitung dimensi antenna dengan menggunakan persamaan 2.1, 2.2 dan 2.3. Selanjutnya, menggambar antenna dengan menggunakan *software* Corel Draw X4 berdasarkan nilai dari dimensi yang telah dihitung. Setelah terbentuk, gambar tersebut dicetak dan ditempelkan pada PCB dan PCB dipotong sesuai bentuk dan ukuran gambar. Untuk menghilangkan sifat baja pada slot yang dibuat PCB direndam dengan cairan FeClO_3 dan kemudian dipasangkan konektor pada tempat yang sudah disiapkan. Terakhir, antenna tersebut dipasangkan dengan *Vector Network Analyzer Advantest N9923A* range frekuensi 2 MHz sampai dengan 4 GHz untuk mengukur parameter sekaligus menentukan bahwa antenna tersebut telah layak digunakan untuk komunikasi wireless pada frekuensi 2,4 GHz.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 7. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan Antena Mikrostrip Slot Biquad Single Array

Hasil desain yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 8.

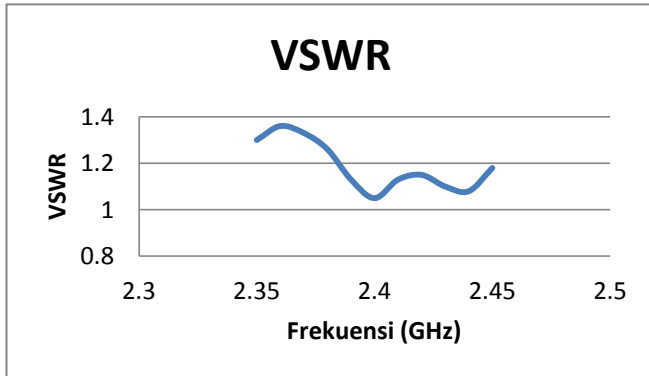


Gambar 8. Hasil desain antenna mikrostrip

Hasil Pengukuran Parameter Antena

Hasil pengukuran *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*

Pengukuran *VSWR* dilakukan pada rentang frekuensi 2,35 GHz – 2,45 GHz

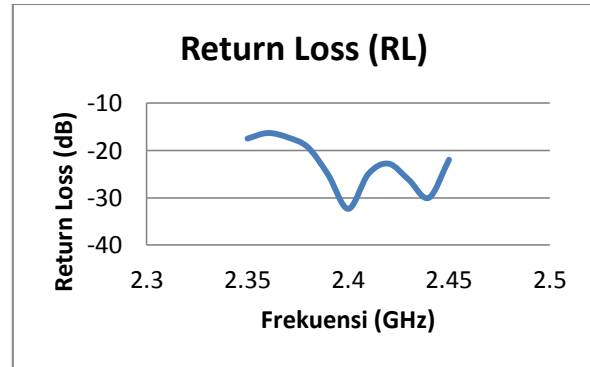


Gambar 9. Grafik hasil pengukuran *VSWR*

Gambar 9 terlihat adanya 2 puncak yang memiliki nilai *VSWR* kecil. Kedua puncak tersebut yaitu pada frekuensi 2.4 GHz dan 2.44 GHz dengan nilai *VSWR* masing – masing sebesar 1.05 dan 1.08. Nilai *VSWR* yang sesuai untuk komunikasi Wireless antara 1 sampai dengan 2. Jika nilai *VSWR* mendekati 1, maka antenna dikatakan bekerja dengan baik karena sinyal yang dipancarkan keudara bebas semakin besar. Dengan demikian antenna tersebut berfungsi dengan baik pada frekuensi tersebut karena dapat memancarkan atau meneima energi gelombang elektromagnetik keudara dan dari udara bebas.

Hasil Pengukuran *Return Loss (RL)*

Pengukuran *RL* dilakukan pada rentang frekuensi 2,35 GHz – 2,45 GHz

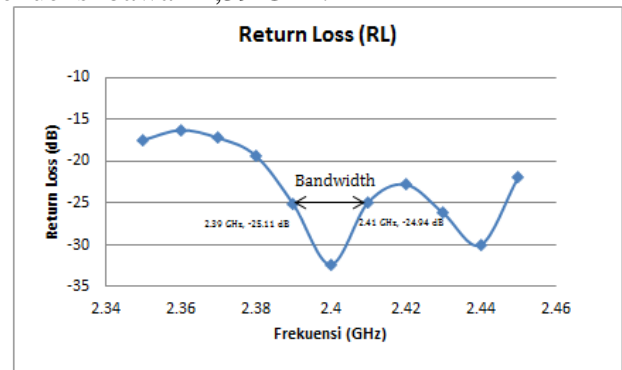


Gambar 10. Grafik hasil pengukuran *Return Loss*

Pada frekuensi 2,4 GHz *Return Loss* bernilai -32.34 dB dan lebih kecil dari -30.00 dB. sehingga dapat disimpulkan bahwa antenna tersebut sudah memenuhi standar kelayakan untuk komunikasi wireless standar IEEE 802.11 b/g.

Hasil Pengukuran *Bandwidth*

Bandwidth pada penelitian ini dihitung dengan menggunakan *Return Loss* pada nilai -25 dB. Frekuensi atas 2,41 GHz dan frekuensi bawah 2,39 GHz.



Gambar 11. Grafik Pengukuran *Return Loss* Untuk Menentukan *Bandwidth* Antena.

Hasil Pengukuran Impedansi Masukan Dengan *Smith Chart*



Gambar 11. Hasil Pengukuran Impedansi Masukan Antena dengan *Smith Chart*

Berdasarkan gambar 10, impedansi masukan antenna tersebut pada frekuensi 2,4 GHz sebesar $(49,7 - j0,5)\Omega$

KESIMPULAN

1. Telah dibuat dan dikarakterisasi Antena Mikrostrip Slot *Biquad Single Array* pada frekuensi kerja 2,4 GHz menggunakan PCB substrate FR4 *Epoxy* dengan koefisien dielektrik efektif 4.3 dan ketebalan substrate 1,6 mm. Ukuran *ground plane* pada masing-masing antenna tersebut adalah 125 mm x 85 mm.
2. Hasil karakterisasi dengan Network Analyzer pada frekuensi kerja 2,4 GHz diperoleh VSWR 1,05, dan *Return Loss* -32,34 dB. Nilai VSWR yang mendekati 1 pada frekuensi kerja tersebut menunjukkan bahwa daya masukan ditransmisikan hampir keseluruhan keudara dan hanya sebagian kecil yang direfleksikan. *Return loss* yang dihasilkan antenna < -15 dB berada dalam rentang nilai yang dapat diterima untuk komunikasi wifi dua arah.

3. Dari hasil pengukuran pada frekuensi 2,4 GHz dari masing-masing parameter antenna mikrostrip slot *biquadsingle array* yakni nilai *Standing Wave Ratio* (VSWR) sebesar 1,05 (< 2) dan *Return Loss* (RL) sebesar -32,34 dB (< -9,45), dapat disimpulkan bahwa antenna tersebut sudah layak digunakan pada komunikasi *wireless* sesuai yang diharapkan dan berstandar IEEE 802.11 b/g.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Telecommunication Union (ITU-R), Appendix 3 (Rev.WRC-03); 2004.
- [2] Constantine A. Balanis, Antena Theory Analysis and Design, thirded. USA : John Willey and Sons; 1997.
- [3] Edward, T., Foundation for Microstrip Circuit Design, New York : Second Edition, John Wiley & Sons; 1995
- [4] Zaki, M., Medan Elektromagnetika di dalam Bahan dan Gelombang Elektromagnetik, Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS); 2000.
- [5] Fitri, I., Antena Wideband Mikrostrip Slot Array 8 Elemen, Jakarta: Universitas Nasional Jakarta ; 2007.
- [6] Abdullah, B. Antena Wideband Mikrostrip Slot Bowtie Ganda Banyak Larik Dengan Pandu Gelombang Coplanar Untuk Komunikasi Wirless. Surabaya: ITS; 2012.